



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

KONSTRUKCE JEDNOÚČELOVÉHO STROJE PRO ZALISOVÁNÍ PODLOŽEK

DESIGN OF SINGLE-PURPOSE MACHINE FOR WASHER STAMPING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PETR ŠVERÁK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

doc. Ing. PETR BLECHA, Ph.D.

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Petr Šverák

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukce jednoúčelového stroje pro zalisování podložek

v anglickém jazyce:

Design of single-purpose machine for washer stamping

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Student provede rozbor požadované výrobní operace. Na základě rozboru zvolí technické parametry konstruované části. Provede základní konstrukční výpočty a vlastní zjednodušenou konstrukci jednoúčelového stroje v 3D modelu.

Součástí bakalářské práce bude výkres sestavy stroje a v elektronické příloze jeho 3D model.

Cíle bakalářské práce:

Rozbor výrobní operace.

Volba a zdůvodnění technických parametrů stroje.

Základní konstrukční výpočty.

Konstrukce jednoúčelového stroje v 3D modelu.

Výkres sestavy jednoúčelového stroje.

V elektronické příloze 3D model stroje.

Seznam odborné literatury:

Marek, J.; Konstrukce CNC obráběcích strojů, ISSN 1212-2572

Borský, V.; Obráběcí stroje, ISBN 80-214-0470-1

Borský, V.; Základy stavby obráběcích strojů, VUT Brno

[www.stranky výrobců obráběcích strojů](http://www.stranky.vyrobcu-obrabecich-strojů)

www.infozdroje.cz

www.mmspektrum.com

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 22.11.2012

L.S.

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se věnuje návrhu a konstrukci jednoúčelového stroje pro zalisování podložek. Je popsán rozbor výrobní operace, navrhnuťo řešení a zvoleny technické parametry stroje. Dále je v CAD systému tento stroj navrhnut, jsou provedeny základní konstrukční výpočty a je zdůvodněna volba nakupovaných dílů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Pneumatický pohon, konstrukce, CAD systém, optické čidlo.

ABSTRACT

This bachelor's thesis deals with design and construction of single-purpose machine for washer stamping. Manufacturing operation is described, solution is suggested and technical parameters of machine are selected. Then machine is designed in CAD system, basic construct calculations are performed and choice of purchased parts is justified.

KEYWORDS

Pneumatic actuator, construction, CAD system, optical sensor.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠVERÁK, P. *Konstrukce jednoúčelového stroje pro zalisování podložek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 48 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D..

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Blechy Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 24. května 2013

.....

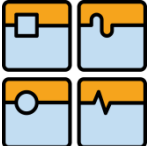
Petr Šverák

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za cenné odborné rady a konzultace. Dále své rodině za podporu a pomoc při vypracování této práce a v neposlední řadě také svým kolegům v zaměstnání.

Obsah

ÚVOD.....	13
1 ROZBOR VÝROBNÍ OPERACE.....	15
2 NÁVRH ŘEŠENÍ, VOLBA A ZDŮVODNĚNÍ PARAMETRŮ STROJE	17
2.1 NÁVRH ŘEŠENÍ	17
2.1.1 VOLBA TYPU POHONU	17
2.1.2 VOLBA BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ.....	19
2.1.3 KONTROLA PŘÍTOMNOSTI DÍLŮ A SPRÁVNOSTI ZATLAČENÍ	19
2.1.4 PRVNÍ VARIANTA STROJE.....	21
3 KONSTRUKCE JEDNOÚČELOVÉHO STROJE V 3D MODELU.....	22
3.1 NÁVRH V CAD SYSTÉMU SOLIDWORKS	22
3.2 JEDNOTLIVÉ ČÁSTI MODELU STROJE	22
3.2.1 ZAKLÁDACÍ JEDNOTKA.....	22
3.2.2 SPODNÍ RÁM.....	25
3.2.3 TVAROVÝ ZAKLÁDACÍ DÍL	25
3.2.4 PODLOŽKY POD ZAKLÁDACÍ JEDNOTKY	26
3.2.5 VRCHNÍ RÁM.....	27
3.2.6 PŘÍČKA.....	27
3.2.7 PÁSOVINA POD VÁLCE	28
3.2.8 HLAVICE	28
3.2.9 PÁSOVINA PRO PŘITLAČOVACÍ VÁLEC.....	28
3.2.10 PŘITLAČOVACÍ PROFIL.....	29
3.2.11 PODLOŽKY POD VÁLCE	29
3.3 VOLBA NAKUPOVANÝCH DÍLŮ	29
3.3.1 PNEUMATICKÉ VÁLCE	29
3.3.2 VOLBA VÁLCE PŘITLAČOVÁNÍ.....	31
3.3.3 VOLBA ČIDEL	31
3.3.4 BEZPEČNOSTNÍ SVĚTELNÉ ZÁVĚSY	32
3.3.5 VIZUALIZAČNÍ PANEL	33
3.3.6 PRUŽINA	33
3.3.7 ÚPRAVNA VZDUCHU, VENTIL, ŠKRTÍCÍ VENTILY	33
3.3.8 PNEUMATICKÉ SCHÉMA.....	34
3.3.9 ROZMĚRY STROJE A POZICE OBSLUHY	35
4 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ VÝPOČTY	36
4.1 VZPĚR PÍSTNICE VÁLCE NA ZATLAČOVÁNÍ.....	36
4.2 VZPĚR PÍSTNICE VÁLCE NA PŘITLAČOVÁNÍ.....	37
4.3 VÝPOČET SPOTŘEBY VZDUCHU	38
4.4 SIMULACE ZATÍŽENÍ NOSNÉ KONSTRUKCE.....	39
5 ZÁVĚR.....	40

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 12
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	41
7 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ.....	43
8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	45
9 SEZNAM PŘÍLOH	46
9.1 TIŠTĚNÉ PŘÍLOHY.....	46
9.2 ELEKTRONICKÉ PŘÍLOHY NA CD.....	46

ÚVOD

V této práci jde o popis návrhu a konstrukce stroje pro kompletaci dílu typu „Heatshield“. Práce je rozdělena na čtyři hlavní části. První část je věnována rozboru výrobní operace, druhá návrhu řešení zalisování (dále jako zatlačování) podložek a tím tak jejich zajištění v plechovém hliníkovém díle, volbě a zdůvodnění technických parametrů stroje. Ve třetí části je popsána vlastní konstrukce daného stroje v CAD systému. Čtvrtá část obsahuje základní konstrukční výpočty.

Stroj, který je předmětem této práce, byl poptán zákazníkem z Jihoafrické republiky. Cílem bylo vyrobit zařízení, jehož účelem je kompletace kovových podložek (dále jako matice) a plastových zajišťovacích podložek (dále jako držák) s hliníkovým plechovým dílem. Požadavkem zákazníka bylo zjednodušení a zrychlení této kompletace a zajištění montáže se 100 procentní kontrolou kvality montáže Poka Yoke. Jediným podkladem byly vzorky držáků, matic, plechu a jejich CAD data.

Ohledně vzhledu a funkce stroje měl zákazník několik základních požadavků:

- K zakládání jednotlivých komponent dílu musí být přístup z obou stran, aby u stroje mohli pracovat dva pracovníci.
- Zajištění bezpečnosti obsluhy při provozu zařízení.
- Kontrola správného založení všech komponent a bezchybné kompletace hotového dílu.

Ačkoliv je stroj určen pro Jihoafrickou republiku, bylo se zákazníkem domluveno, že se stroj bude konstruovat podle ČSN norem. Nejasnosti ohledně konstrukce a parametrů se s ním budou řešit a on se vyjádří co a jak pozměnit, aby stroj splňoval normy státu, pro který je určen.

Jde o stroj, který jsem navrhl jako zaměstnanec firmy Lux spol s r.o.. V této firmě byl poté stroj i vyroben.

Společnost LUX spol. s r.o. se sídlem v Jablonném nad Orlicí byla založena 6. srpna 1992 a navázala na tradice firmy TESLA Jablonné nad Orlicí ve vývoji a výrobě strojů pro elektrotechnický průmysl. Nosným výrobním programem společnosti je zakázková výroba především automatických výrobních a montážních linek dle specifikace zákazníka pro potřeby elektrotechnického, automobilového i textilního průmyslu. [1]


Firma disponuje stabilizovaným pracovním kolektivem, včetně odborníků v mechanické konstrukci, elektro konstrukci, odborníků ve vývoji softwaru, tak i kvalifikovaných pracovníků ve vlastní výrobě. [1]

Od prosince roku 2000 firma zavedla a používá systém řízení jakosti dle ČSN EN ISO 9001, což je další krok k naplnění vize firmy [1]:

„Vyrábět stroje a poskytovat s tím související služby k maximální spokojenosti zákazníka.“

Příklady zařízení, které firma vyrábí [1]:

- výrobní zařízení pro kondenzátory,
- výrobní zařízení pro konektory,
- výrobní zařízení pro Radio-frekvenční identifikační systémy (RFID),

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 14
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- stroje na výrobu pružných kontaktů,
- podávací a třídící zařízení pro testování polovodičů v pouzdrech,
- stroje pro mikrosvařování elektrickým odporem,
- moduly pro výrobní linky,
- montážní přípravky pro reflektory automobilů,
- zařízení na montáž multifunkčních páčkových přepínačů pod volantem automobilů.

Na www stránce naleznete popis a obrázky všech zástupců těchto jedno-účelových strojů.

Poté, co byla navrhována první koncepce stroje a byla zákazníkem odsouhlasena, byl stroj nakreslen v CAD systému SolidWorks. Hlavními parametry, kterých bylo třeba dosáhnout, byla jednoduchá výroba, pohodlná obsluha a vysoká bezpečnost. Důraz byl kladen na levný a spolehlivý výrobek, a aby byla zaručena 100 procentní kontrola hotových dílů.

1 ROZBOR VÝROBNÍ OPERACE

Základním vstupním produktem je tvarový hliníkový plechový díl typu „Heatshield“ (obrázek 1). V něm jsou vystřiženy otvory pro umístění držáků a matic. Ze spodní strany plechu je vložen plastový držák (obrázek 2a), která má na svém obvodu tři „zobáčky“. Ty prochází třemi příslušnými otvory. Z vrchní strany Al plechu je do držáku založena kruhová kovová matice (obrázek 2b). Je na ní působeno silou, „zobáčky“ se rozevřou a dojde tak jejím k zajištění v plastovém držáku. Tím jsou oba tyto díly zkompletovány s plechovým dílem. Plech pak může být díky těmto dílům upevněn ke karoserii automobilu. Kovová matice plní funkci matice pro šroub. Uložení matice a držáku proti sobě je naznačeno na obrázku 3, kvůli lepší názornosti na sebe nedosedají, ve skutečnosti ovšem prochází „zobáčky“ držáku plechem a nad nimi je založena matice. Na obrázku 4 je vidět hotový díl.

Vstupní produkty:

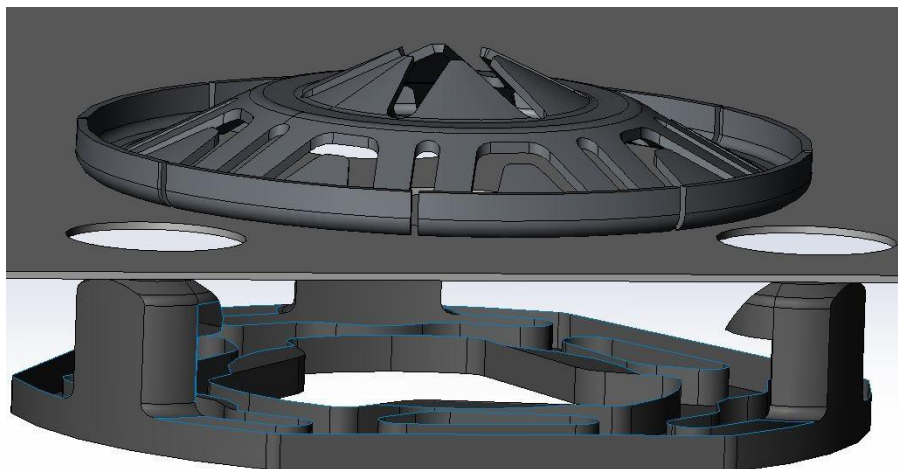
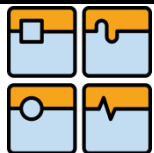
- plech tloušťky 0,6 mm, délky cca 1300 mm, šířky cca 410 mm a výšky cca 280 milimetrů (obrázek 1),
- plastový držák o průměru 35,5 mm se třemi „zobáčky“ pro zaklapnutí (obrázek 2a),
- kovová matice o průměru 30 mm (obrázek 2b)



Obrázek 1 Plechový díl typu „Heatshield“




Obrázek 2 a) plastový držák b) kovová matice



Obrázek 3 Uložení držáku a matice



Obrázek 4 Hotový díl

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 17
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2 NÁVRH ŘEŠENÍ, VOLBA A ZDŮVODNĚNÍ PARAMETRŮ STROJE

2.1 Návrh řešení

Základním problémem bylo, jakým způsobem do sebe matici a držák zatlačit. Bylo možné využít pneumatický, elektrický nebo hydraulický pohon. Dalším důležitým úkolem bylo vyřešení bezpečnosti stroje, kontroly správného založení matice a držáku a bezchybného zatlačení.

2.1.1 Volba typu pohonu

Vlastnosti jednotlivých typů pohonů [2]

Pneumatické pohony

Pneumatické pohony mění energii stlačeného vzduchu na mechanickou energii.

Mezi jejich výhody patří:

- není nutnost zpětného vedení,
- výhodné pro lineární pohyb mezi dvěma plochami,
- odolné proti zastavení překážkou,
- rychlé.

Nevýhody:

- nutný rozvod tlakového vzduchu/kompresor (typicky v podnicích je),
- hlučnost,
- objemové ztráty,
- obtížně řiditelná poloha.

Hydraulické pohony

Hydraulické pohony mění energii stlačené kapaliny (oleje) na mechanickou energii.

Mezi jejich výhody patří:

- použitelné ve výbušném prostředí,
- velká dosažitelná síla.

Nevýhody:

- drahé,
- únik oleje,
- nutný kompresor, vratné vedení.

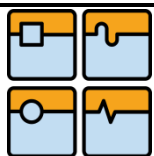
Elektrické pohony

Mění elektrickou energii na mechanickou.

Krokové:

Mezi jejich výhody patří:

- snadno se řídí (několik ON/OFF spínačů),



- nepotřebují snímač polohy.

Nevýhody:

- menší síla, větší rozměry,
- trhavý chod.

Stejnoseměrné:

Mezi jejich výhody patří:

- snadno se řídí na polohu (PWM),
- velký výkon při malých rozměrech,
- vysoká dynamika, velký moment.

Nevýhody:

- vyšší cena,
- menší spolehlivost.

Zjištění potřebné síly

Původně se do sebe držák a matice zatlačovaly ručně. Aby bylo možné rozhodnout, který z pohonů zvolit, bylo nutno znát sílu potřebnou k jejich zatlačení. Vzhledem ke složitému tvaru dílů byl problém tuto sílu vypočítat. Proto bylo přistoupeno k experimentálnímu zjištění této síly.

Nejjednodušším řešením bylo ručně zatlačit matici do držáku a zjistit jaká síla je k tomu potřeba. Síla se podle 2. Newtonova zákona dá vypočítat podle vzorce (1), kde m je hmotnost a a zrychlení.

$$F = m \times a \quad (1)$$


Bylo využito této skutečnosti a matice byla zatlačena do držáku na váze. Bylo sledováno, jakou hmotnost ukazovala váha v době, kdy došlo k zatlačení. Jelikož bylo těžké přesně určit sílu přesně v době zatlačení, byl postup opakován desetkrát, aby byly eliminovány chyby. Dalším důvodem k opakování bylo to, že ne všechny díly jsou stejně vyrobené, některé mohou mít vady. Výsledky experimentu jsou uvedeny v *tabulce 1*. Z těchto výsledků byla vybrána nejvyšší hodnota, označena jako m_{max} , a použita jako hmotnost do vzorce (1). Síla byla označena jako F_t . Za zrychlení a budeme dosazovat gravitační zrychlení g . V našich zeměpisných šířkách počítáme s hodnotou $9,81 \text{ m/s}^2$. Poté již byla získána přibližná síla potřebná k zatlačení matice do držáku.

Tabulka 1

Číslo měření	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Hmotnost m [kg]	21,3	20,5	22,8	20,9	23,8	19,8	25,2	23,7	24,8	20,4

Maximální hmotnost:

$$m_{max} = 25,2 \text{ kg}$$

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 19
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Síla:

$$F_t = m_{max} \times q = 25,2kg \times 9,81 \frac{m}{s^2}$$

$$F_t = 247,212 N$$

Volba pohonu

Nyní byla známa síla, která je potřeba a bylo možné přistoupit k volbě pohonu. Potřebná síla není velká, nebylo nutné využívat hydraulické pohony. A vzhledem k tomu, že nebylo nutné ani přesné polohování, nebyl důvod využívat elektrické pohony. Byl tedy zvolen pneumatický pohon, který je ze všech tří variant nejlevnější a jednoduchý na údržbu i nastavení. Bylo samozřejmě ještě nutné ověřit, zda zákazník disponuje v továrně rozvodem se stlačeným vzduchem, ale to je ve většině moderních podniků nezbytnost. Po kladném potvrzení z jeho strany a sdělení hodnoty tlaku, který je v rozvodech, již mohl být navrhnout konkrétní pohon. Bylo zvoleno využití pneumatických válců, nicméně konkrétní typ byl zvolen až po vytvoření 3D modelu. V té době již bylo možné navrhnout přesně zdvih a typ válce.

2.1.2 Volba bezpečnostních prvků

Dalším důležitým požadavkem od zákazníka byla maximální bezpečnost stroje. To znamenalo zajistit, aby se do pracovního prostoru stroje nebylo možné dostat žádnou částí těla a předejít tak zdravotní újmě.

Jelikož bylo nutné mít k dílu a to znamená i do pracovního prostoru stroje přístup z obou stran, bylo nutné nějakým způsobem nechat tento prostor přístupný v době neaktivity pneumatických válců. A naopak tento prostor zabezpečit v době jejich aktivity. Možnou variantou řešení by mohl být pohyblivý kryt pracovního prostoru, který by v době aktivity válců zakryl celý prostor. Toto řešení by bylo jak finančně, tak i výrobně složité. A nebylo by ani bezpečné, jelikož by mohlo dojít k poranění právě od pohybujícího se krytu. Proto bylo zvoleno jednodušší řešení v podobě bezpečnostních světelných závěsů. Tyto optické prvky se skládají ze dvou proti sobě uložených dílů, mezi nimiž je vytvořeno optické pole. Tyto závěsy budou umístěny na obě strany pracovního prostoru. Pokud dojde v době aktivity pneumatických válců k zaznamenání vstupu do pracovního prostoru (tedy do optického pole závor), dojde k zastavení válců. Volba přesného typu bezpečnostních závěsů byla provedena až po vypracování modelu v CAD systému.


Tím byl vyřešen přístup do pracovního prostoru a jeho zabezpečení z přední a zadní strany stroje. Zbylé prostory budou zakrytovány. Na některých místech plechy, na místech, kde je potřeba do stroje vidět, plexiskly.

Dle ČSN norem se u bezpečnostních závěsů provádí výpočet jejich bezpečné vzdálenosti od nebezpečného místa. K výpočtu této vzdálenosti je třeba změřit dobu doběhu stroje.

Pro zajištění stálé hodnoty doby doběhu stroje je třeba všechny prvky, které tuto dobu ovlivňují, ochránit před změnou parametrů a nastavení (škrťací ventily, regulátor tlaku vzduchu). Se zákazníkem (vzhledem k jeho znalosti předpisů v JAR) bylo dohodnuto, že pro něj je dostačující použití závěsů bez měření doby doběhu. A tím tak umístění světelných závěsů na stroj bez výpočtu jejich vzdálenosti od nebezpečného prostoru.

2.1.3 Kontrola přítomnosti dílů a správnosti zatlačení

Posledním důležitým kritériem, které bylo nutné u stroje zajistit, byla kontrola založení držáku, matice a plechového dílu a také úspěšnost zatlačení. Jedním z hlavních důvodů

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 20
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

přechodu z ruční montáže dílu na stroj byl totiž cíl vyvarovat se zmetků. Proto bylo nutné ošetřit kontrolu tak, aby skutečně nemohlo dojít k odebrání nehotového dílu a jeho umístění mezi dobré kusy, ať už záměrně, či omylem. Pro kontrolu byla volena čidla od společnosti SICK. Důvodem je mezifiremní spolupráce a tím výhodná cena dodávaných prvků. Samozřejmostí byla snaha zvolit způsob kontroly co nejlevnější a přitom spolehlivý.

Nezbytné také bylo mít na stroji nějakým způsobem zobrazen stav přítomnosti dílů a správnosti zatlačení. Pro jednoznačnou a názornou signalizaci byl vytvořen vizualizační panel s diodami. Toto řešení je levnější než displej.

Kontrola založení držáku

Prvním, co bylo potřeba zkontrolovat, byla přítomnost držáku. Jelikož měl být tento komponent založen pod plechový díl, musel být vytvořen zakládací segment, na který by se držák založil ještě před umístěním plechového dílu. Protože je z plastu, tak nejjednodušším řešením kontroly jeho přítomnosti je využitím optického čidla. Konkrétní řešení segmentu je vysvětleno a znázorněno v kapitole 3.2.1 Zakládací jednotka. Volba čidla byla možná až podle tohoto modelu.

Kontrola plechového dílu


Další kontrolou byla přítomnost plechového dílu. Kvůli tvaru povrchu plechu bylo použito dvou optických čidel. Čidla byla umístěna tak, aby při správném založení plechu došlo k odrazu paprsků obou čidel od plechu. Tím bylo signalizováno, že je díl založen. Dvou čidel bylo využito kvůli lepší kontrole správného založení. Při použití pouze jednoho čidla by bylo možné, že by plech nemusel být založen správně. Čidla byla umístěna na opačné konce plechu. Dosah paprsku byl nastaven pouze několik milimetrů nad požadovanou pozici plechu. Tím bylo minimalizováno jeho špatné založení. Zároveň bylo softwarově ošetřeno, aby musela být obě čidla přerušena v krátkém časovém intervalu. A také to, aby mohl být díl založen až po umístění všech držáků. Dokud nebyly všechny správně založeny do zakládacího segmentu, optická čidla pro plech byla neaktivní. Konkrétní čidlo bude opět navrženo až podle modelu v CAD systému.

Kontrola matice

Kontrola matice byla nejsložitější. Jelikož má být umístěna v prostoru těsně nad plechem a také s ní má být možno hýbat, bylo by složité ji hlídat optickým čidlem. Indukční čidlo je vyloučeno, jelikož by reagovalo jak na matici, tak na díl. Po různých návrzích bylo rozhodnuto, že se její přítomnost bude hlídat nepřímou. Držák byl již hlídán, takže pokud nedošlo k zatlačení, tak buď chyběla právě matice, nebo došlo například k poškození některého z dílů.

Kontrola zatlačení

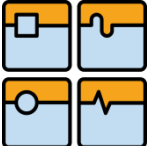
Posledním, co bylo nutné kontrolovat, je správnost zatlačení. Pro tento účel byla vytvořena jednotka, která kontroluje, zda je matice uchycena v držáku či nikoliv. Její konkrétní podoba je opět vysvětlena v kapitole 3.2.1 Zakládací jednotka. Aby nemohlo dojít k odebrání nehotového kusu, bylo nutno zajistit plechový díl do doby, než bude vše v pořádku. Kvůli tvaru povrchu plechu nebylo možné využít přísavek, jak tomu bývá u podobných konstrukcí. Proto bylo zvoleno zajištění pomocí přitlačovacích válců. Ty na dvou místech drží plechový díl v pozici do doby, dokud nejsou držáky a matice správně zatlačeny. Až poté tyto válce odjedou a díl je možné odebrat.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 21
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

2.1.4 První varianta stroje

Po těchto úvahách bylo možné si představit koncepci stroje. Půjde o rám, na kterém bude založen plechový díl. Na místech, kde jsou držáky a matice, budou zakládací segmenty s čidly. Proti těmto segmentům budou válce uchycené v horní části rámu se zdvihem dost velkým na to, aby bylo dost místa na manipulaci při zakládání plechu. Celý pracovní prostor bude z obou stran zabezpečen bezpečnostními světelnými závěsy.

Nicméně zákazníkovi se těžce vysvětluje koncepce a vzhled stroje bez nějakých konkrétních podkladů. Proto byl stroj nejdříve navrhnut v 3D CAD systému SolidWorks a tento návrh byl poté odeslán na schválení zákazníkovi s detailním popisem, jak co funguje. Po jeho připomínkách se stroj upravil, znovu odeslal na schválení. Poté se již začal konstruovat a se zákazníkem byl domluven termín jeho osobní návštěvy kvůli předvedení hotového zařízení. Počítalo se s tím, že i u hotového zařízení se najdou nějaké drobnosti, které bude chtít zákazník ještě předělat.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 22
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3 KONSTRUKCE JEDNOÚČELOVÉHO STROJE V 3D MODELU

3.1 Návrh v CAD systému SolidWorks

K dispozici byly modely plechu, držáku a matice. Od těchto modelů bylo postupováno. Model plechu byl umístěn do prostoru a od něj se dále navrhovaly všechny části stroje tak, aby byly splněny parametry. K zatlačení není potřeba žádných velkých sil, proto se prvotně stroj navrhne co nejjednodušeji a nejlevněji a až poté se počteně a simulacemi překontroluje. Důležité také bylo navrhnout stroj tak, aby nebyly příliš velké nároky na výrobu a přitom byl lehce seřiditelný. Materiály a polotovary byly voleny podle skladových zásob firmy, dalo se tak předejít zbytečným nákladům a také časové prodlevě.

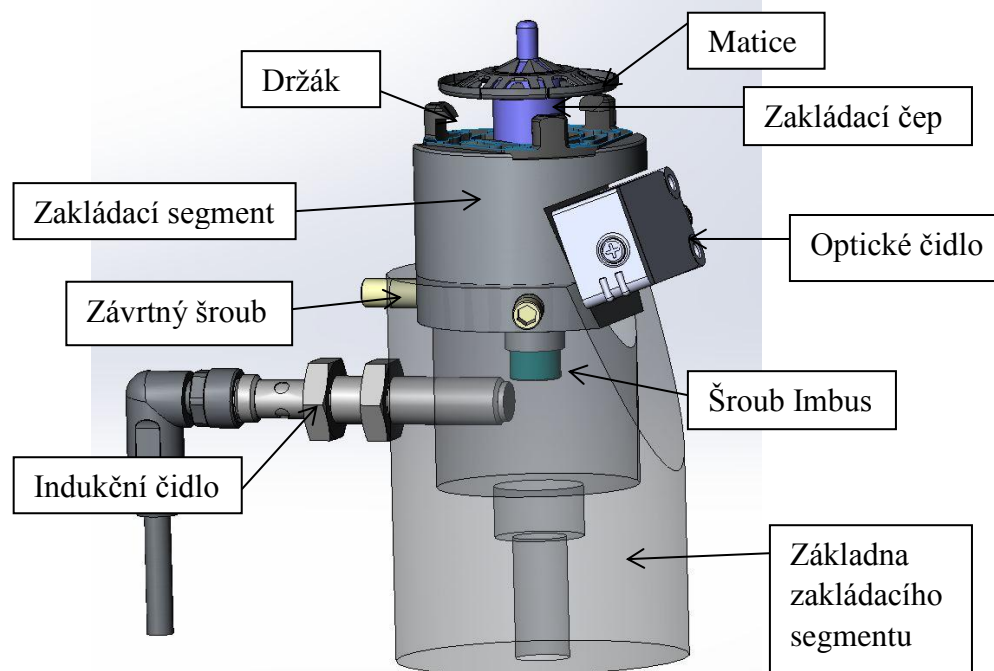
3.2 Jednotlivé části modelu stroje

3.2.1 Zakládací jednotka

Nejdůležitější částí stroje byla zakládací jednotka (*obrázek 5*). Šlo o první část, jež byla navržena. Těchto jednotek bylo celkem šest. Proti jednotkám byly umístěny válce, které mají zatlačovat matice do držáků. Jednotka se musela navrhnout tak, aby se našel způsob, jak detekovat založení držáků a správnost zatlačení matic. Také by měla udržet držák stále ve stejné pozici. V neposlední řadě by bylo dobré, aby na ní bylo možné založit i matici a vystředit tyto dva díly. Jinak by se pozice matice nad plechovým dílem hlídala velmi složitě. Sice by bylo možné matici založit přímo na „zobáčky“ držáku, nicméně by to vyžadovalo zručnost a pečlivost obsluhy. A to by prodlužovalo dobu zakládání.

Princip funkce zakládací jednotky:

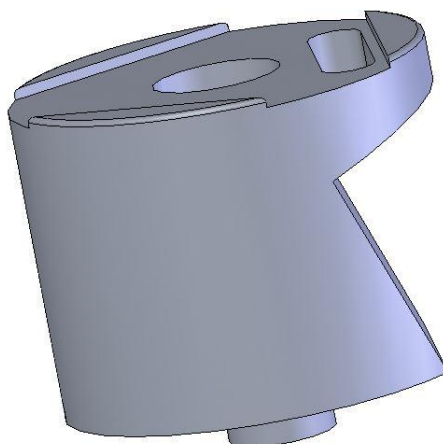
Do zakládacího segmentu je vložen držák, jeho přítomnost je kontrolována optickým čidlem. Poté je založen plech (na obrázku 5 není znázorněn, na funkci nemá vliv). Na zakládací čep je vložena matice. Nyní dojde k zatlačení matice do držáku válcem. Na pístnicích jsou našroubované hlavice, které matici zatlačují. S ní bude zatlačován i zakládací čep, který má v sobě šroub. Hlava šroubu aktivuje indukční čidlo, které tak dá signál, že došlo k zatlačení. Nicméně je nutné zajistit, aby se hlava šroubu vrátila do výchozí pozice při chybném zatlačení nebo při absenci matice. Toho je docíleno pružinou, která je vložena uvnitř zakládacího segmentu pod zakládací čep. Pokud tak dojde k chybě zatlačení nebo není založena matice, zakládací čep se šroubem se díky pružině vrátí do výchozí pozice, čidlo tak není aktivováno. Pokud naopak ke správnému zatlačení došlo, matice podrží zakládací čep s pružinou v dolní poloze. K navrácení zakládacího čepu do výchozí pozice dojde až po odebrání hotového plechu.



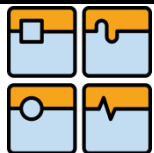
Obrázek 5 Zakládací jednotka

Zakládací segment

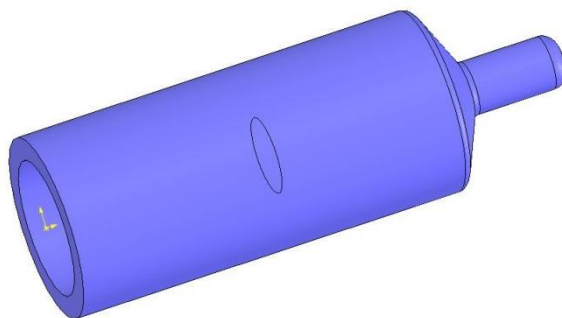
Pro účel zakládání držáku byl vytvořen válcový zakládací segment (obrázek 6), který má na své vrchní části vyfrézovaný stejný tvar jako držák. Samozřejmě s určitými vřely pro lehkost zakládání. Držák nemusí být v dokonale přesné pozici, otvory v plechu mají o dost větší průměr než „zobáčky“ držáku. Na tomto díle bylo upevněno i optické čidlo, které svítí na držák vyfrézovanou drážkou. Její tvar byl určen výběrem čidla, který je k dispozici v kapitole 3.3.3 Volba čidel. Umístění čidla bylo zvoleno vzhledem ke tvaru držáku. Bylo potřeba zajistit, že bude čidlo svítit na dostatečně velkou plochu, aby se předešlo problémům s detekcí. V ose byla vyvrtána díra pro zakládací čep a skrz díra pro šroub Imbus M8 podle DIN 912. Jako materiál je zvolena automatová ocel 11 109, což je materiál vhodný pro soustružení. Díl byl povrchově upraven proti korozi galvanickým zinkováním.



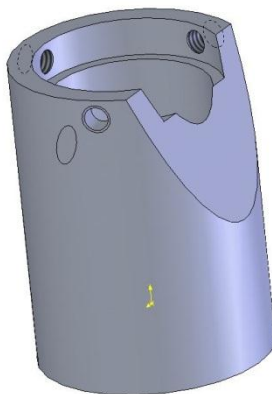
Obrázek 6 Zakládací segment

**Zakládací čep**


Pro založení matice byl navržen zakládací čep (*obrázek 7*), který byl umístěn v ose zakládacího segmentu. Prochází středem držáku, plechem a na něj se matice založí. Proto byl tvar vrchní části čepu navržen podle tvaru tohoto dílu. Uvnitř čepu je závit pro šroub M8. Materiálem je 19 313, tento díl bude stále v kontaktu s hlavicí umístěnou na válci, a proto bude kalený na 50 ± 2 HRC. Jak je vidět z materiálového listu (*příloha 1*), je tento materiál dobře odolný vůči opotřebení.

*Obrázek 7 Zakládací čep***Základna zakládacího segmentu**

Posledním vyráběným dílem zakládací jednotky byla základna zakládacího segmentu (*obrázek 8*). V tomto díle je vyfrézována díra, aby měl šroub prostor pro pohyb a také prostor pro indukční čidlo. Ve spodní ploše je válcové zahlbouní pro šroub imbus M8 podle DIN 912, kterým se celá jednotka připevní k hlavnímu rámu. Po obvodu jsou tři závity pro závrtné šrouby podle DIN 9142 pro zajištění zakládacího segmentu proti pootočení. A nakonec také osazení pro umístění tohoto segmentu. Tělo je odlehčeno pro optické čidlo, které je umístěno na zakládacím segmentu. Materiál je 11 109. Díl byl opět povrchově upraven proti korozi galvanickým zinkováním.

*Obrázek 8 Základna zakládacího segmentu*

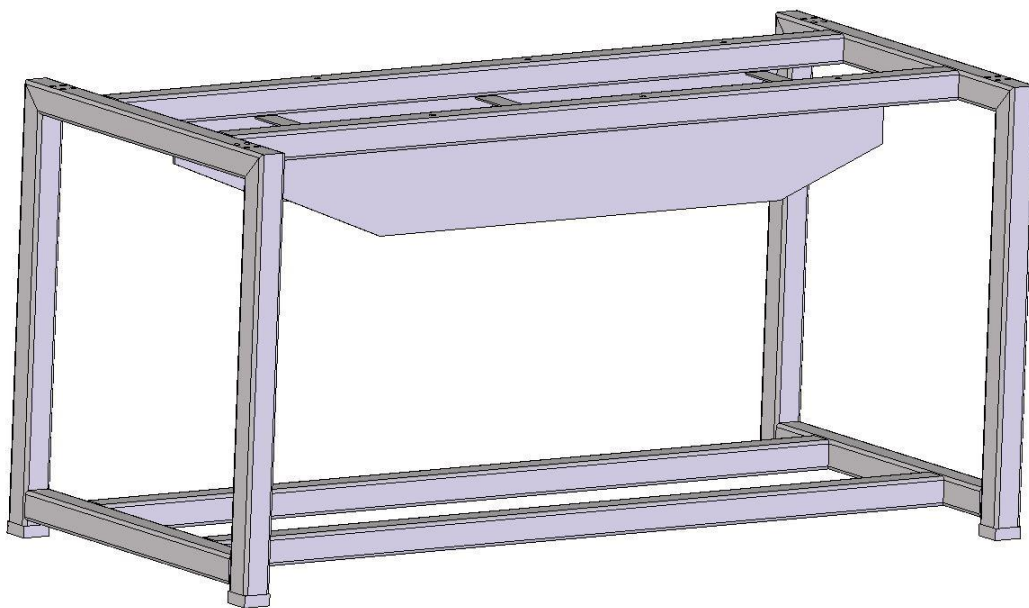
V sestavě modelu byl do zakládacího segmentu umístěn plastový držák a celá jednotka byla umístěna na šest míst, kde mají být díly zatlačeny. Výškově byly jednotky zavazbeny tak, aby se plastový držák dotýkal spodní strany plechu.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 25
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

3.2.2 Spodní rám

Nyní bylo možné začít vytvářet spodní rám (*obrázek 9*). Jde o svařovanou konstrukci z tenkostěnných uzavřených profilů čtvercových s podélným svárem rozměru 40 mm na 40 mm s tloušťkou stěny 2 mm, materiál 11 375, materiálový list je k dispozici v přílohách (*příloha 2.*). Šlo o předběžnou volbu, později bylo simulací ověřeno, zda jsou rozměry a tloušťka stěn dostačující.

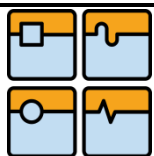
Nejprve byly pod základací jednotky umístěny dva profily. Bylo vidět, že jednotky nejsou ve stejné výšce. To bylo ignorováno, později pod ně byly vytvořeny podložky. Profily byly na obou stranách spojeny dalším profilem, který byl ovšem na obě strany vytvořen širší. Jinak by byl stroj příliš úzký a tím by byl nestabilní. Šířka stroje je také ovlivněna volbou rozvaděče. Typ, který byl použit, má šířku 600 mm a rám byl upraven tak, aby se vešel z boku stroje mezi stojny. Ty byly vedeny z bočních profilů směrem dolů a byly spojeny. Nakonec byly mezi spodní profily umístěny další dva profily pro zvýšení stability, pevnosti a v neposlední řadě také pro možnost stroj převážet paletovým nebo vysokozdvizným vozíkem. Na profily, na kterých jsou základací jednotky, byly z vnitřních stran umístěny plechy tloušťky 2 mm. Ty slouží jako vyztužení, ale byly využity také jako místo pro přichycení pneumatických prvků a dalších potřebných věcí. Na spodní strany stojen byly přivařeny záslepky a byly do nich vyvrtány závity pro kolečka. Kvůli ochraně proti korozi bude celý rám natřen barvou RAL 1035.



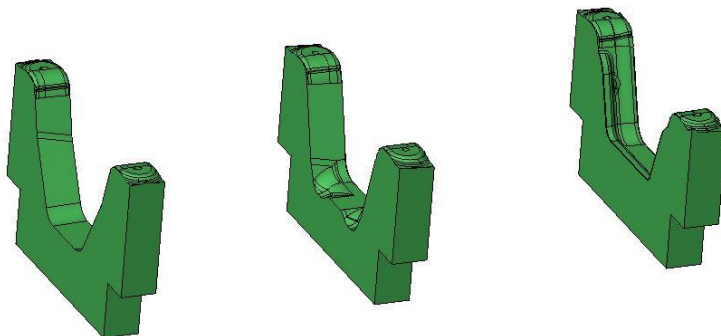
Obrázek 9 Spodní rám

3.2.3 Tvarový základací díl

Nyní již byl vytvořen návrh rámu a na něm zhruba umístěny základací jednotky. Teď bylo nutné zajistit samotný plech. Pro tento účel byly vytvořeny tvarové základací díly (*obrázek 10*). Celkově byly tři a do nich byl plech založen. Díky stejnému tvaru dílů a plechu by v nich plech měl být dobře uchycen. Díly byly širší, než je rozteč profilů pro základací jednotky, ze stran byly vyfrézovány a byly mezi tyto profily založeny a přišroubovány k nim. Díky základacím dílům již bylo možno nastavit mezeru mezi profily a plechem. Nastavena byla tak, aby mezi nejnižší základací jednotkou a profilem byla mezera 10 mm. To je místo pro podložku, která byla umístěna pod každou jednotku z důvodu jednoduchého výškového

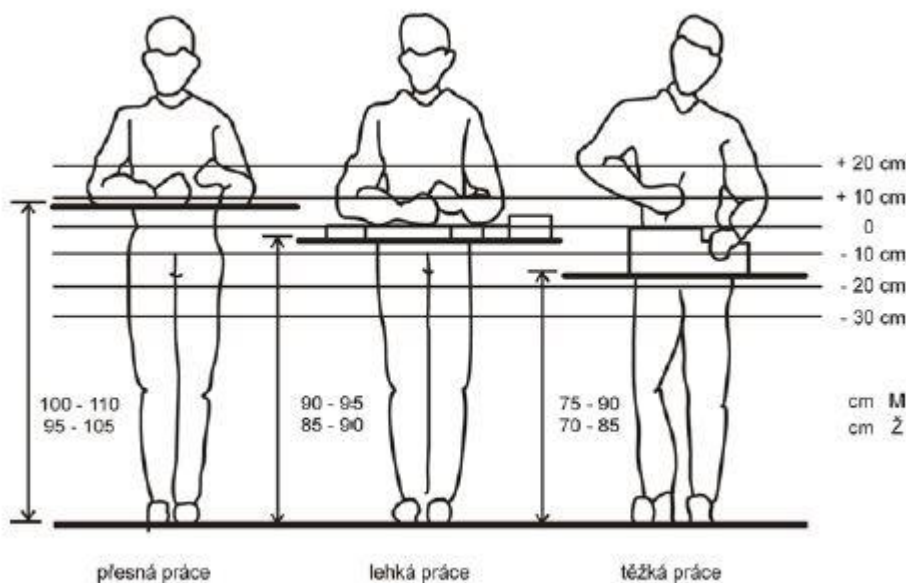


seřízení. Materiálem je umělé dřevo společnosti Ebalta Ebaboard PW 920 neu. Materiálový list je v přílohách (*příloha 3.*).



Obrázek 10 Tvarový základací díl

Nyní již bylo možno zpětně určit výšku rámu, respektive byla určena podle výšky pracovní pozice. Postupováno bylo podle *obrázku 11*.



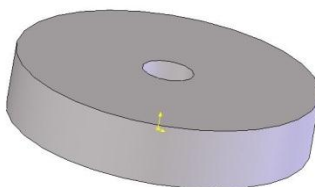
Obrázek 11 Výška pracovní roviny [3]

Bylo postupováno podle parametrů „přesná práce“. Jelikož nebylo známo, zda na stroji budou pracovat muži nebo ženy, byl stroj optimalizován tak, aby vyhovoval oběma. Proto jako výška pracovní roviny byla brána hodnota 1000 mm. Problémem bylo to, že na stroji jsou tři pracovní roviny. Proto jako primární pracovní rovina byla brána výška prostředního základacího segmentu. Poté již byla upravena výška rámu tak, aby tento segment byl v požadované výšce. Zákazníkem byla později tato výška schválena jako vyhovující.

3.2.4 Podložky pod základací jednotky

Jelikož byly dvojice základacích jednotek vždy v jiné výšce nad profily, bylo nutné je podložit podložkami (*obrázek 12*). Jejich výška byla určena mezerou mezi základací jednotkou a profilem pod ní. Uprostřed těchto podložek byla vyvrtána díra průměru 11 mm.

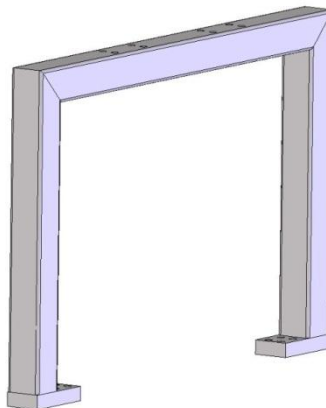
Tyto podložky také ulehčí případné seřízení potřebné výšky. Jde o kulatinu z materiálu 11 109. Díl byl opět povrchově upraven proti korozi galvanickým zinkováním.



Obrázek 12 Podložka

3.2.5 Vrchní rám

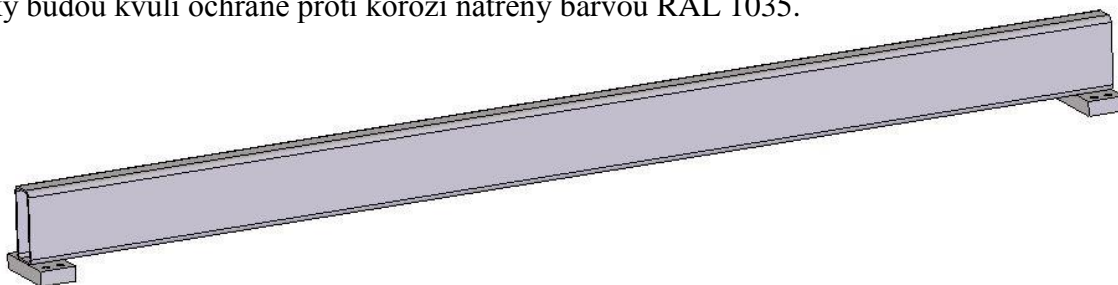
Ke spodnímu rámu byl přišroubován vrchní rám (*obrázek 13*). Jde o svařenec tří tenkostěnných uzavřených profilů čtvercových s podélným svárem rozměru 40 mm na 40 mm a s tloušťkou stěny 2 mm, materiál 11 375. Na spodní hranu profilů byly přivařeny dvě pásovin. V těchto pásovinách byly vyvrtány díry pro šrouby M10. Do spodního rámu byly proti těmto díram při montáži zanáty nýtyovací matice M10. Výška vrchního rámu byla navržena tak, aby byl mezi vrchem tohoto rámu a základními kopyty dostatečný prostor na založení dílu. Tato výška bude později upravena podle zdvihu zvoleného válce. Rám bude kvůli ochraně proti korozi opět natřen barvou RAL 1035.



Obrázek 13 Vrchní rám

3.2.6 Příčka

Na vrchním rámu byly opět přes nýtyovací matice přišroubovány dvě příčky (*obrázek 14*). Jde o tenkostěnné uzavřené profily obdélníkové rozměru 100 mm na 40 mm a s tloušťkou stěny 2 mm, materiál 11 375. Na užší straně budou na obou stranách navařeny pásovin s dírami pro šrouby M10. Příčky byly takto umístěny záměrně, kvůli vyšší pevnosti. I tyto příčky budou kvůli ochraně proti korozi natřeny barvou RAL 1035.

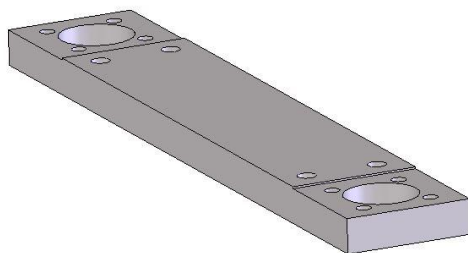


Obrázek 14 Příčka



3.2.7 Pásovina pod válce

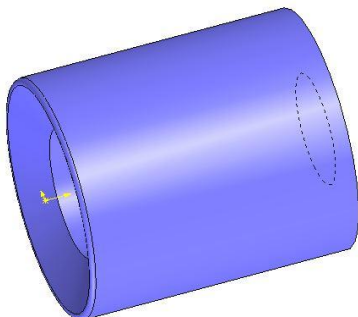
Ze spodní strany příčky byly v místech, kde mají být válce zatlačovány, přišroubovány přes nýtovací matice pásovinu tloušťky 20 mm (*obrázek 15*). Na nich budou válce připevněny šrouby M6, nicméně v díle byly vyvrtány díry průměru 8 mm kvůli možnosti seřízení polohy válce. Pro pístnici válce byl v díle vyvrtán otvor průměru 40 mm, opět je otvor větší pro možnost seřízení. Materiál je 11375. Ochrana proti korozi bude opět zajištěna nátěrem barvou RAL 1035.



Obrázek 15 Pásovina pod válce

3.2.8 Hlavice

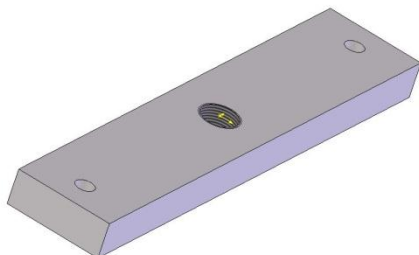
Pro zatlačení matice byla navržena hlavice (*obrázek 16*). Její spodní část opisuje tvar matice pro dobrou stabilitu při zatlačování. V ose hlavice je do hloubky 18 mm vyvrtána díra pro trn čepu. Z druhé strany je do hloubky 12 mm vyvrtán závit pro pístnici. Hlavice bude zajištěna proti uvolnění kontra maticí. Materiálem je ocel 19 313, tento díl bude v kontaktu s maticí a čepem, proto bude kalený na tvrdost 50 ± 2 HRC.



Obrázek 16 Hlavice

3.2.9 Pásovina pro přitlačovací válec

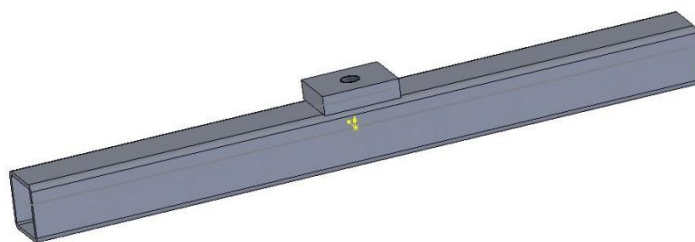
Pro uchycení dvou přitlačovacích válců byly navrženy pásovinu tloušťky 20 mm (*obrázek 17*). Do nich budou válce zašroubovány. Proto je v pásovině vyřezán závit M22x1,5. Pásovinu budou k příčnům přišroubovány šrouby M8. Materiál je 11 375. I tyto pásovinu budou natřeny barvou RAL 1035.



Obrázek 17 Pásovina pro přitlačovací válce

3.2.10 Přitlačovací profil

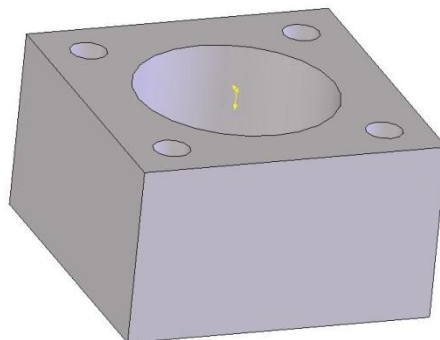
Na pístnici přitlačovacího válce bude přišroubován tenkostěnný uzavřený profil čtvercový rozměru 30 mm na 30 mm a s tloušťkou stěny 2 mm (*obrázek 18*). Tímto dílem bude válec tlačít na plech do doby, než bude díl kompletně hotov a připraven k odebrání. Uprostřed na vrchní straně bude přivařena pásovina se závitem na přišroubování pístnice válce. Na stranách profilu, které budou v kontaktu s plechem, budou nalepeny gumy, aby nedošlo k poškození plechu. Materiál je 11 375, i tento díl bude natřen barvou RAL 1035. Při montáži byl tento díl vodící tyčkou zajištěn proti pootočení.



Obrázek 18 Přitlačovací profil

3.2.11 Podložky pod válce

Jelikož jsou vždy dvojice zakládacích segmentů v jiné výšce, je nutné podložit i válce, mají stejný zdvih. Pro tento účel byly navrženy podložky (*obrázek 19*), ve kterých jsou vyvrtány díry pro šrouby a pro pístnici. Jejich výška byla navržena tak, aby měly válce potřebný zdvih. Materiál je 11 375, díl byl opět kvůli ochraně proti korozi upraven galvanickým zinkováním.



Obrázek 19 Podložka pod válce

3.3 Volba nakupovaných dílů

3.3.1 Pneumatické válce

Volba válce zatlačování

Pneumatické prvky byly zakoupeny u firmy FESTO. Důvodem byl požadavek ze strany zákazníka. Nicméně s touto firmou má společnost LUX dlouholetou spolupráci a díky tomu také značně příznivé ceny. Výhodou bylo také to, že tato firma nabízí širokou škálu pneumatických prvků, bezproblémový servis nebo software pro různé výpočty a zjednodušení volby pneumatických prvků.



Pro volbu konkrétního válce bylo důležité vypočítat jeho průměr. Ten se vypočítá podle vzorce pro výpočet tlaku p (2), kde F je síla a S plocha, na kterou působí. K hodnotě síly z kapitoly 2.1.1 části *Zjištění potřebné síly* ještě musí být připočítána síla F_p , kterou působí proti pístnici pružina. Ta je podle kapitoly 3.3.6 rovna 9,8 N. Jejich součtem byla získána síla F , která byla dosazena do vzorce (2). Z tohoto vzorce bylo poté možné vyjádřit plochu. Za tlak byla dosazována hodnota 0,6 MPa, což je tlak zaručený v rozvodech vzduchu v továrně zákazníka. Obsah kruhu se vypočítá podle vzorce (3) a z tohoto vzorce pak byl již vyjádřen průměr d_v . Pro jistotu správné funkčnosti stroje byl průměr vynásoben koeficientem $k = 1,5$ a tím tak získán minimální průměr d_s .

$$F = F_t + F_p \rightarrow 247,212 \text{ N} + 9,8 \text{ N}$$

$$p = \frac{F}{S_1} \rightarrow S_1 = \frac{F}{p} = \frac{257,012 \text{ N}}{600000 \text{ MPa}} \quad (2)$$

$$S_1 = 0,000428 \text{ m}^2$$

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} \rightarrow d_v = \sqrt{\frac{4 \times S_1}{\pi}} \rightarrow \sqrt{\frac{4 \times 0,000428 \text{ m}^2}{\pi}} \quad (3)$$

$$d_v = 0,023 \text{ m} = 23 \text{ mm}$$

$$d_s = d_v \times k \rightarrow 23 \text{ mm} \times 1,5$$

$$d_s = 35 \text{ mm}$$

Nyní byl znám minimální průměr, který je potřeba pro vytvoření požadované síly. Byl vybrán válec s nejbližším vyšším průměrem, válec s průměrem 40 mm.

Aby bylo opravdu vyloučeno, že budou nakoupeny válce s příliš malou silou, byly ještě výsledky ověřeny. Ve firemním skladu byl nalezen náhradní válec stejného průměru. Byl uchycen mezi dvě desky tak, aby byl svisle mezi vrchní a spodní deskou, na které byla založena matice do držáku. A samozřejmě aby stačil zdvih válce na dosažení spodní desky. Válec byl připojen na zdroj stlačeného vzduchu, ventilem byl nastaven minimální tlak, aby se pístnice začala pohybovat. Po chvilce došla k matici, ale jelikož tlak nebyl dostatečný na zatlačení, tak se zastavila. Nyní byl tlak postupně zvyšován až do doby, kdy válec zatlačil matici do držáku. V okamžiku zatlačení byl odečten tlak na ventilu.

Bylo vidět, že potřebný tlak se pohybuje okolo 200 KPa a je tak jasné, že vybraný průměr válce bude vyhovovat. Jak již bylo uvedeno dříve, tlak v rozvodech je 0,6 MPa.

Po volbě průměru již bylo možné zvolit konkrétní válec. Vybrán byl standardní dvojčinný válec DSBC podle normy ISO 15552. Provedení s jednostrannou pístnicí, bez pojištění proti pootočení. Tlumení bylo zvoleno PPS, což je nové provedení společnosti FESTO, jde o samočinně nastavované tlumení v koncových polohách. Tím odpadá nutnost jeho seřizování. Podle modelu byl navrhnut zdvih válce. Byl vybrán válec se zdvihem 320 mm. Jeho model byl stažen ze stránek výrobce a na pístnici byla zavazbena hlavice tak, aby byla uprostřed. To kvůli možnosti výškového seřizování. Nyní byla upravena výška vrchního rámu tak, aby mezera mezi hlavicí a zakládacím segmentem s držákem byla 315 mm. Opět kvůli rezervě na seřízení. Konkrétní válec je DSBC-40-320-PPSA-N3 (obrázek 20). Válec je schopen podle katalogového listu [4] teoreticky vyvinout sílu 754 N. Koncové pozice válce jsou kontrolovány čidly SMT-8-SL-PS-LED-24-B. Tak bylo možné vyhodnotit, zda válec dosáhl koncové pozice. Pokud ne, došlo k chybě válce a je nutná kontrola jak válce, tak čidla.



Obrázek 20 Válec DSBC-40-320-PPSA-N3 [4]

3.3.2 Volba válce přitlačování

Přitlačovací válec byl opět zakoupen u společnosti FESTO. Jeho zdvih je stejný, jako tomu je u válců pro zatlačování. Byl zvolen typ DSNU-25-320-PPS-A (*obrázek 21*), jde o dvojčinný válec podle norem DSNU. Provedení s jednostrannou pístnicí, bez pojištění proti pootočení. Tlumení je opět automatické PPS. Průměr je 25 mm, tento válec je schopen podle katalogového listu [5] teoreticky vyvinout sílu 294.5 N.



Obrázek 21 Válec DSNU-25-320-PPS-A [5]

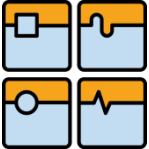
3.3.3 Volba čidel

Čidla na kontrolu přítomnosti plechu

Pro kontrolu plechu byla využita dvě čidla WTB4S-3P2131 (*obrázek 22*) od společnosti SICK. Jde o levné optické čidlo s dosahem paprsku až 120 mm. Čidla byla umístěna na tvarové základací díly a nastavena tak, aby byla aktivována plechem až při jeho založení. Katalogový list je k dispozici online [6].



Obrázek 22 Čidlo WTB4S-3P2131 [7]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 32
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Čidla na kontrolu přítomnosti držáku

Pro kontrolu přítomnosti držáku bude využito opět čidlo WTB4S-3P2131 (*obrázek 22*) od společnosti SICK. Toto čidlo bylo přišroubováno k základacímu segmentu a bylo seřízeno tak, aby bylo aktivováno až po založení plastového držáku. To znamená, aby nebylo aktivováno v případě, kdy byl založen plechový díl, ale ne držák.

Čidla na kontrolu úspěšnosti zatlačení

Pro kontrolu úspěšnosti zatlačení bylo zvoleno využití indukčního čidla IME08-02BPSZT0S (*obrázek 23*) opět od společnosti SICK. Jde o válcové čidlo s deklarovanou snímací vzdáleností 1,62 mm. Toto čidlo bude zašroubováno v základně základacího segmentu tak, aby bezpečně snímalo hlavu šroubu. Katalogový list je k dispozici online [8].



Obrázek 23 Čidlo IME08-02BPSZT0S [9]

3.3.4 Bezpečnostní světelné závěsy

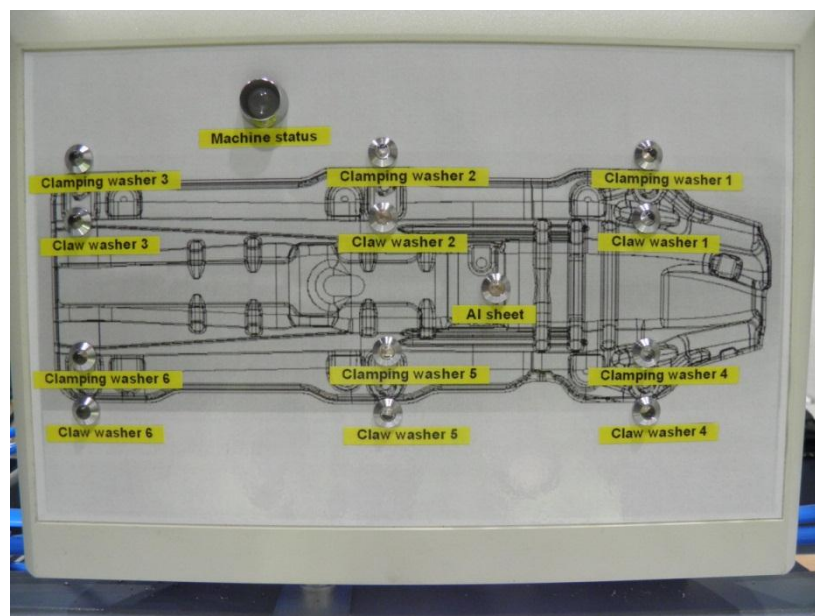
Volba výšky bezpečnostního světelného závěsu byla ovlivněna vzdáleností mezi spodní hranou pracovního prostoru a horní hranou vrchního rámu. Mezi těmito rovinami je pracovní prostor. Po změření této mezery byly zvoleny bezpečnostní světelné závěsy C40E-0403AN310 (*obrázek 24*). Tyto závěsy mají výšku ochranného pole 450 mm a rozlišení 30 mm. Zbytek stroje byl, jak již bylo zmíněno, zakrytován. Katalogový list je k dispozici online [10].



Obrázek 24 Závěs C40E-0403AN310 [11]

3.3.5 Vizualizační panel

Pro zobrazení úspěšnosti zatlačení, přítomnosti jednotlivých dílů a stavu stroje byl vytvořen vizualizační panel (obrázek 25). Na něm byly umístěny barevné diody, které zmiňované procesy budou signalizovat. Panel byl umístěn na plech na příčku.



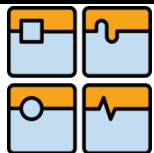
Obrázek 25 Vizualizační panel

3.3.6 Pružina

Pružina pro vrácení zakládacího čepu do výchozí pozice byla zakoupena u společnosti FEVOS. Hlavním parametrem pro volbu pružiny byl průměr díry v zakládacím čepu, kde má být pružina uložena. Tento průměr má hodnotu 9 mm. Délku pružiny nebylo možné určit zcela přesně, jelikož výška zašroubování čepu bude seřízena až při montáži. Proto byla z katalogu firmy FEVOS vybrána pružina s vnějším průměrem 8,6 mm, průměrem drátu 0,63 mm a délkou 38 mm. Nebylo jasné, jak hodně bude pružina stlačena, proto pro výpočet bylo využito největší hodnoty síly. To je síla při plném stlačení pružiny a ta se podle online katalogu [12] rovná 9,8 N.

3.3.7 Úpravna vzduchu, ventil, škrtící ventily

Pro úpravu vzduchu byla použita úpravna typu LFR-3/8-D-MIDI-KF (obrázek 26), katalogový list je k dispozici online [13]. Normální jmenovitý průtok je 2,420 l/min, v kapitole 4.3 Výpočet spotřeby vzduchu bylo ověřeno, zda tento průtok vyhovuje. Jako ventil byl použit typ CPE14-M1BH-5/3G-QS-8 (obrázek 27). Jde o elektromagneticky ovládaný ventil pěticestný, třípolohový, ve střední poloze uzavřen. Katalogový list je k dispozici online [14]. Na straně pístnice každého válce na zatlačování byl do portu pro přívod vzduchu umístěn škrtící ventil. Jeho funkcí je možnost nastavovat rychlost pohybu válce směrem dolů. Rychlost návratu do vrchní polohy nebylo vzhledem k automatickému tlumení PPS nutné regulovat.



Obrázek 26 Úpravna vzduchu LFR-3/8-D-MIDI-KF

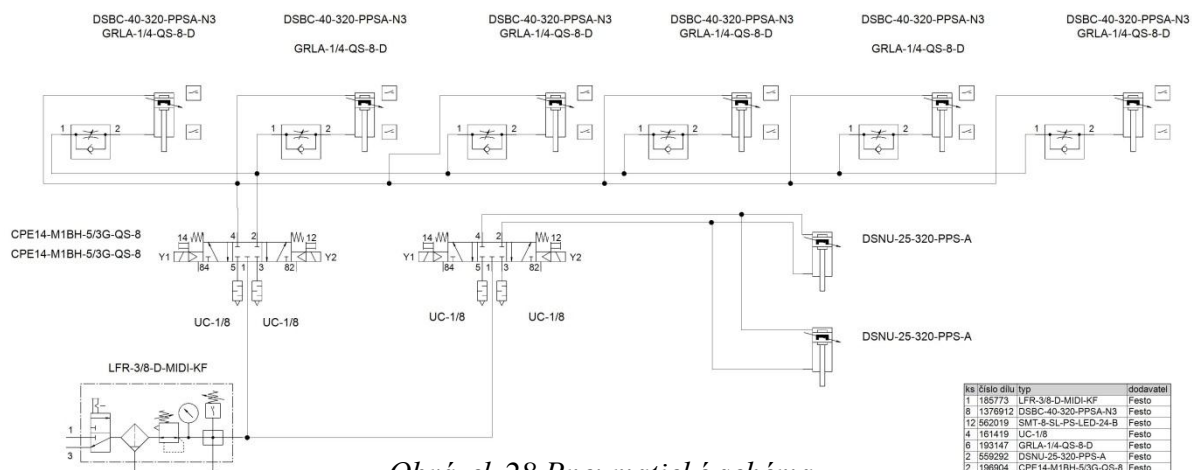


Obrázek 27 Ventil CPE14-M1BH-5/3G-QS-8

3.3.8 Pneumatické schéma

Na obrázku 28 je pneumatické schéma stroje. Z úpravny je vzduch rozveden ke dvěma ventilům, jeden je pro válce zatlačování, druhý pro přidržovací válce. Oba jsou doplněny tlumiči. Z ventilů je již vzduch rozveden k jednotlivým válcům. Válce pro zatlačování jsou ještě doplněny na straně pístnice škrťacími ventily.

Tunel - MZ587

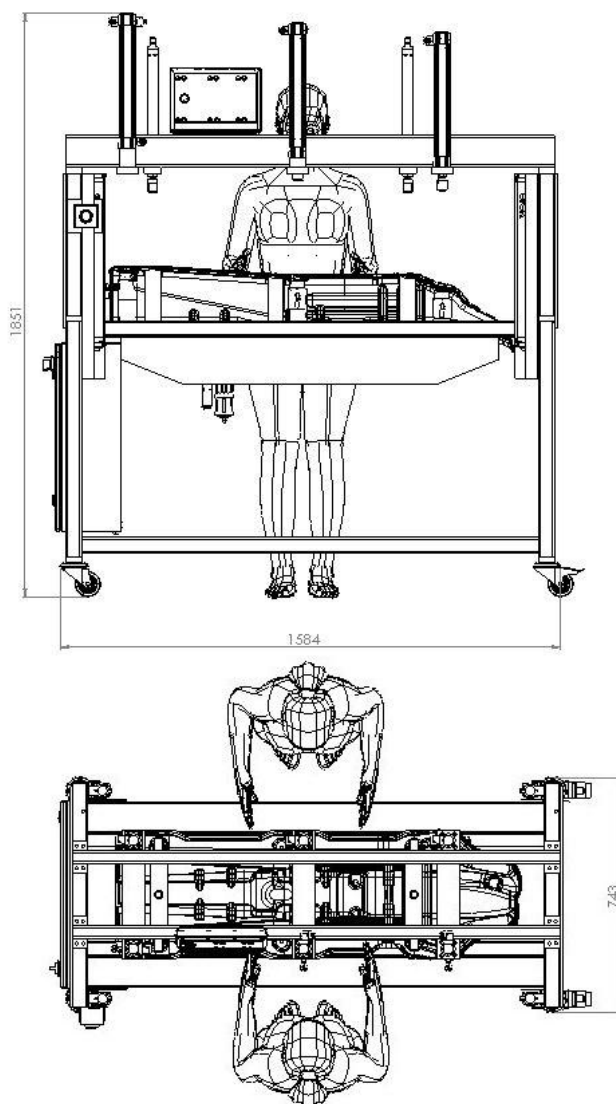


Obrázek 28 Pneumatické schéma

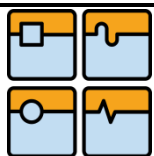


3.3.9 Rozměry stroje a pozice obsluhy

Na *obrázku 29* lze vidět rozměry stroje s pozicí obsluhy. Z obrázku je zřejmé, že vizualizační panel je v úrovni očí a pracovní poloha v úrovni rukou. Jako model postavy byl použit normalizovaný model ženy.



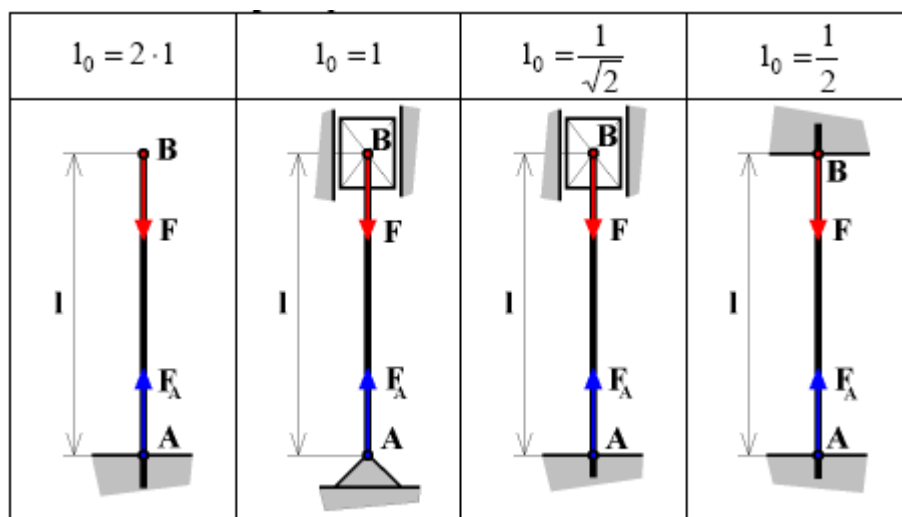
Obrázek 29 Rozměry stroje



4 ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ VÝPOČTY

4.1 Vzpěr pístnice válce na zatlačování

Bylo postupováno podle tabulek [15]. Prvním, co bylo nutné určit a vypočítat, byly vlastnosti pístnice. Jde o průměr, délku, plochu průřezu, minimální moment setrvačnosti a poloměr setrvačnosti průřezu prutu. Průměr a délka pístnice byla zjištěna podle katalogového listu válce. Plochu lze vypočítat podle vzorce (3), minimální moment setrvačnosti podle vzorce (4) a poloměr setrvačnosti průřezu prutu podle vzorce (5). Také bylo nutné určit jaký způsob uložení (*obrázek 30*) platí pro tento případ a po této volbě vypočítat redukovanou délku prutu podle vzorce (6).



Obrázek 30 Způsob uložení prutu [16]

Průměr: $d_{p1} = 0,016 \text{ mm}$ [17]


Délka prutu: $l_1 = 0,3514 \text{ mm}$ [17]

Plocha průřezu: $S_2 = \frac{\pi \times d_{p1}^2}{4} \rightarrow S_2 = \frac{\pi \times 0,016^2 \text{ mm}}{4}$
 $S_2 = 2,011 \times 10^{-4} \text{ mm}^2$

Minimální moment setrvačnosti: $I_{min1} = \frac{\pi \times d_{p1}^4}{64} \rightarrow I_{min1} = \frac{\pi \times 0,016^4 \text{ mm}}{64}$ (4)
 $I_{min1} = 3,217 \times 10^{-9} \text{ mm}^4$

Poloměr setrvačnosti průřezu prutu: $i_1 = \sqrt{\frac{I_{min1}}{S_2}} \rightarrow i = \sqrt{\frac{3,217 \times 10^{-9} \text{ mm}^4}{2,011 \times 10^{-4} \text{ mm}^2}}$ (5)
 $i_1 = 4 \times 10^{-3} \text{ mm}$

Redukovaná délka prutu: bylo postupováno podle prvního způsobu uložení z *obrázku 23*. Sice u pístnice nejde přesně o stejný způsob uložení, ale tato možnost uložení je nejkritičtější.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 37
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

$$l_{01} = 2 \times l_1 \rightarrow 2 \times 0,3514mm \quad (6)$$

$$l_{01} = 0,703 \text{ mm}$$

Nyní bylo nutné zjistit, zda je pístnice namáhána v oblasti prostého tlaku, nepružného vzpěru nebo pružného vzpěru. To bylo možné posoudit podle štíhlosti prutu, která se vypočítá podle vzorce (7).

$$\text{Štíhlost: } \lambda_1 = \frac{l_{01}}{i_1} \rightarrow \lambda_1 = \frac{0,703mm}{4 \times 10^{-3}mm} \quad (7)$$

$$\lambda_1 = 175,8$$

Pro štíhlost vyšší než 100, se jedná o namáhání v oblasti pružného vzpěru. Dále bylo postupováno podle Eulerových vztahů pro vzpěrnou pevnost. Vypočítali jsme kritickou sílu podle vzorce (8) a tu poté porovnali se silou, kterou je pístnice zatížena. Modul pružnosti v tahu oceli E je 210 GPa.

$$\text{Kritická síla: } F_{kr1} = \frac{\pi^2 \times E \times I_{min1}}{l_{01}^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2,1 \times 10^{11} Pa \times 3,217 \times 10^{-9} mm^4}{0,703^2 mm} \quad (8)$$

$$F_{kr1} = 13500 \text{ N}$$

Bylo vypočítáno, že kritická síla pro danou pístnici je více než 13 kN. Válec je schopen teoreticky vyvinout sílu 754 N, což je téměř 18 krát menší síla.

4.2 Vzpěr pístnice válce na přitlačování

U kontroly pístnice válce na přitlačování bylo postupováno totožně jako u válce pro zatlačování.

$$\text{Průměr: } d_{p2} = 0,01 \text{ mm [18]}$$

$$\text{Délka prutu: } l_2 = 0,348 \text{ mm [18]}$$

$$\text{Plocha průřezu: } S_2 = \frac{\pi \times d_{p2}^2}{4} \rightarrow S_2 = \frac{\pi \times 0,01^2 mm}{4}$$

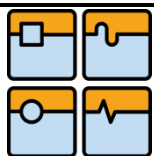
$$S_2 = 7,854 \times 10^{-5} mm^2$$

$$\text{Minimální moment setrvačnosti: } I_{min2} = \frac{\pi \times d_{p2}^4}{64} \rightarrow I_{min2} = \frac{\pi \times 0,01^4 mm}{64}$$

$$I_{min2} = 4,909 \times 10^{-10} mm^4$$

$$\text{Poloměr setrvačnosti průřezu prutu: } i_2 = \sqrt{\frac{I_{min2}}{S_2}} \rightarrow i_2 = \sqrt{\frac{4,909 \times 10^{-10} mm^4}{7,854 \times 10^{-5} mm^2}}$$

$$i_2 = 2,5 \times 10^{-3} mm$$



Redukovaná délka prutu: $l_{02} = 2 \times l_2 \rightarrow 2 \times 0,348 \text{ mm}$

$$l_{02} = 0,696 \text{ mm}$$

Štíhlost: $\lambda_2 = \frac{l_{02}}{i_2} \rightarrow \lambda_2 = \frac{0,696 \text{ mm}}{2,5 \times 10^{-3} \text{ mm}}$

$$\lambda_2 = 278,4$$

Kritická síla: $F_{kr2} = \frac{\pi^2 \times E \times I_{min2}}{l_{02}^2} \rightarrow \frac{\pi^2 \times 2,1 \times 10^{11} \text{ Pa} \times 4,909 \times 10^{-10} \text{ mm}^4}{0,696^2 \text{ mm}}$

$$F_{kr2} = 2100 \text{ N}$$

Bylo vypočítáno, že kritická síla pro danou pístnici je více než 2 kN. Válec je schopen teoreticky vyvinout sílu 294,5 N, což je více než 7 krát menší síla.

4.3 Výpočet spotřeby vzduchu

Spotřeba vzduchu byla vypočítána podle online softwaru společnosti FESTO [19]. Na *obrázku 31* lze vidět rozhraní tohoto programu a dosazené hodnoty. Bylo uvažováno 6 cyklů za minutu. Jde o teoretickou hodnotu, může se měnit a tím i spotřeba vzduchu. Dále bylo uvažováno 16 hodin provozu denně, což odpovídá 2 směnnému provozu. Bylo vidět, že odhadovaná spotřeba vzduchu za minutu je okolo 210,735 litrů, to je o řád méně než je schopna vytvořit úprava vzduchu. Tím bylo ověřeno, že tato jednotka je vyhovující.

provozní režim ☐☐ dvojčín.

velikost 25 mm

POZNÁMKA: pro výpočet je použit průměr pístnice 10 mm.

☐ šetřit energii

počet cyklů 6 1/min

zdvih/délka 320 mm

aktivace úspor energie: rozlišení mezi pracovním a zpětným zdvihem

smazat tabulku

přidat

vybrané válce a jejich spotřeba vzduchu

provozní režim	velikost [mm]	zdvih/délka [mm]	tlak	počet cyklů [1/min]	spotřeba vzduchu
					za cyklus[] za minutu[]
dvojčín.	40	320	6.0	6	5.1794 31.0761
dvojčín.	40	320	6.0	6	5.1794 31.0761
dvojčín.	40	320	6.0	6	5.1794 31.0761
dvojčín.	40	320	6.0	6	5.1794 31.0761
dvojčín.	40	320	6.0	6	5.1794 31.0761
dvojčín.	40	320	6.0	6	5.1794 31.0761
dvojčín.	25	320	6.0	6	2.0232 12.1391
dvojčín.	25	320	6.0	6	2.0232 12.1391

vytížení

pracovní tlak 6 bar

počet hodin provozu denně 16 h

spotřeba vzduchu

za minutu 210.735 l

za den 202.306 m³

ročně 50981015.863 l

náklady na energii

měna €

cena 0.04 €/m³

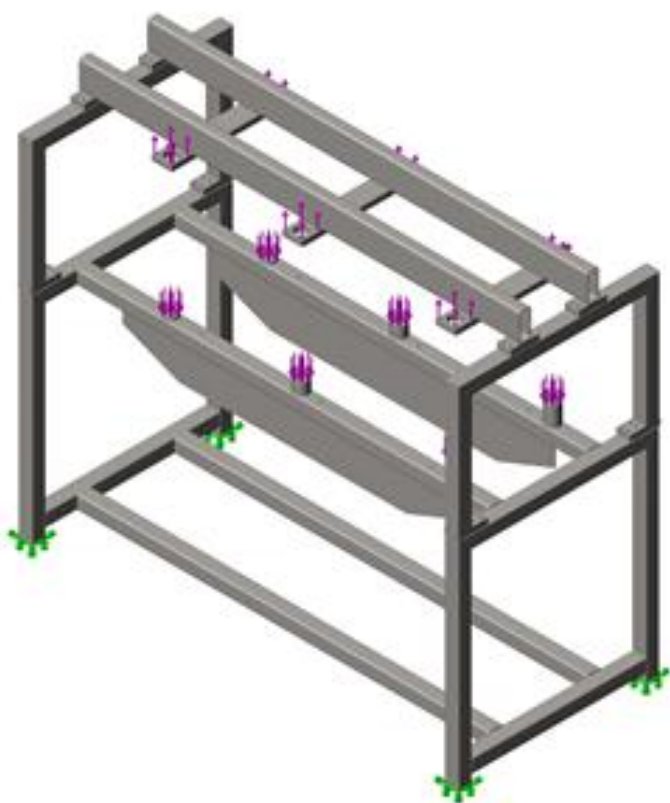
za den 8.09 €

POZNÁMKA: takto stanovené spotřeby vzduchu jsou směrnými hodnotami, protože zejména při rychlejších takttech se objemy nestihnou zcela, takže skutečná spotřeba může být poněkud nižší.

Obrázek 31 Software pro výpočet spotřeby vzduchu [19]

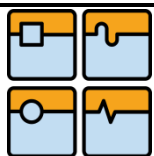
4.4 Simulace zatížení nosné konstrukce

Po konečném návrhu stroje v CAD systému byla provedena simulace zatížení nosné konstrukce. Důvodem bylo ověření, zda vyhovují navržené díly. Do simulace byly zahrnuty jen kritické díly (*obrázek 32*). Bylo zjištěno, zda i tato nejhorší varianta odolá danému zatížení od válců. Silou 754 N byla konstrukce zatížena na místech podložek pod zakládací jednotku směrem dolů a v opačném směru v místě, kde budou přišroubovány zatlačovací válce (fialové šipky na *obrázku 32*). Celá konstrukce byla přichycena fixně za stojny (zelené šipky). Přidržovací válce byly zanedbány.



Obrázek 32 Zatížení a uchycení konstrukce

V *příloze 4* je obrázek průběhu napětí. Maximální hodnota dosáhla 26,39 MPa, minimální nula. Maximální hodnota byla porovnána s mezí kluzu materiálu 11 375. Ta je podle tabulek [9] 200-250 MPa. Z toho vyplývá, že konstrukce je bezpečná a nehrozí její poškození. V *příloze 5* je k dispozici také obrázek výsledného posunutí, maximální hodnota dosahuje 0.39 mm.



5 ZÁVĚR


V této práci byl zdokumentován návrh a tvorba jednoúčelového stroje na zalisování podložek. V první části byl rozebrán výrobní proces, popsány vstupní produkty a nastíněny parametry hotového dílu. V druhé části bylo využito zjištěných skutečností a bylo navrženo možné řešení stroje, který by splnil všechny požadované cíle. Ve třetí části byl již stroj kompletně navrhnut v CAD systému SolidWorks a všechny důležité díly byly popsány a doplněny obrázky. Také byly navrženy nakupované díly a jejich volba byla zdůvodněna. Byla vynechána volba elektrických prvků, které navrhuje elektro konstruktér. Ve čtvrté části byla výpočty ověřena volba jednotlivých dílů, simulací byla ověřena samotná konstrukce stroje.

Na *obrázku 33* je vidět hotový stroj. Při montáži bylo doplněno krytování. To bylo možné až po osazení stroje pneumatickými a elektrickými rozvody. Stroj byl vybaven kolečky, jejich volba byla také vynechána. Použil se konkrétní typ, který byl na firemním skladu a měl dostatečnou nosnost. Bezpečnostní světelné závěsy byly umístěny do plechových krytů, aby se ochránily před poškozením. Na přání zákazníka byl doplněn držák na přívod pneumatického vzduchu, osvětlení, zásobníky na držáky a matice a vizualizační panely byly umístěny na obě strany.

K hotovému stroji byl přiložen manuál v anglickém provedení, seznam náhradních dílů, výkresová dokumentace sestav v PDF formátu, software, elektrické a pneumatické schéma a byl odeslán do Jihoafrické republiky.




Obrázek 33 Hotový stroj

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 41
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

6 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

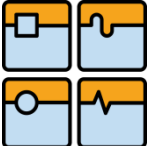
- [1] LUX - Company profile - Czech. *LUX - Company profile - Czech* [online]. © 2007 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.lux.cz/en/company-profile-cs>
- [2] SMUTNÝ, Vladimír. *Pohony v automatizaci*. In: [online]. Dostupné z: <http://cmp.felk.cvut.cz/cmp/courses/ROB/roblec/pohony-notecz.pdf>
- [3] SKŘEHOT, Petr, Šárka VLKOVÁ, Jakub MAREK, Marcela RUPOVÁ, Irena MACLOVÁ, Stanislav MALÝ, Sylva GILBERTOVÁ a Petr HAVLENA. *Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením*. PINK PIG s.r.o., 2009, strana 89. ISBN 978-80-86973-91-3. Dostupné z: <http://www.mpsv.cz/files/clanky/9133/ERGONOMIE.pdf>
- [4] FESTO: *Válce podle norem DSBC*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/de_de/DKI3PortSearch.asp?qry=DSBC-40-320-PPSA-N3
- [5] FESTO: *Válce podle norem DSNU*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/de_de/DKI3PortSearch.asp?qry=DSNU-25-320-PPS
- [6] SICK: *Optoelektronické snímače W4S-3*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=53782&Culture=cs-CZ>
- [7] SICK: *Optoelektronické snímače*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/saqqara/wrapper.aspx?id=im0022956>
- [8] SICK: *Indukční snímače*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=51742&Culture=cs-CZ>
- [9] SICK: *Indukční snímače*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/saqqara/wrapper.aspx?id=im0021744>
- [10] SICK: *Bezpečnostní světelné závěsy C4000 Eco*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/PDF/Create.aspx?ProductID=17532&Culture=cs-CZ>
- [11] SICK: *Bezpečnostní světelné závěsy*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <https://www.mysick.com/saqqara/wrapper.aspx?id=im0014462>
- [12] FEVOS: *Tlačné pružiny*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.pruziny-fevos.cz/Tlacnepruz.pdf>
- [13] FESTO: *Úpravny vzduchu*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/de_de/DKI3PortSearch.asp?qry=LFR-3/8-D-MIDI-KF
- [14] FESTO: *Ventily CPE*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: http://www.festo.com/cat/de_de/DKI3PortSearch.asp?qry=CPE14-M1BH-5/3G-QS-8
- [15] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4., dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008, s. 35-40. ISBN 978-80-7361-051-7.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 42
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

- [16] *PRUŽNOST A PEVNOST*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/MEC_kratochvil/PRUŽNOST/22_PRUZNOST_A_PEVNOST_Vzpěrná%20pevnost.pdf
- [17] FESTO: *Válce dle norem DSBC, ISO 15552*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_cs/PDF/CZ/DSBC_CZ.PDF
- [18] FESTO: *Válce dle norem DSNU/DSNUP/DSN/ESNU/ESN, ISO 6432*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://xdki.festo.com/xdki/data/doc_cs/PDF/CZ/DSNU-ISO_CZ.PDF
- [19] FESTO: *Software pro výběr a konfiguraci*. [online]. [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://xdki.festo.com/xDKI/DKI3AirConsumption.asp?lang=CS_CZ
- [20] BOLZANO: *Materiálový list oceli 19 313*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://prirucka.bolzano.cz/cz/technicka-podpora/technicka-prirucka/nastrojovky/zastudena/legovane/matlisty/90MnCrV8/>
- [21] BOLZANO: *Materiálový list oceli 11 375*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.bolzano.cz/cz/technicka-prirucka/tycove-oceli-uhlikove-konstrukcni-a-legovane/nelegovane-konstrukcni-oceli-podle-en-10025/prehled-vlastnosti-oceli-s235jrdrive-s235jrg2>
- [22] EBALTA: *Ebaboard PW 920 neu*. [online]. [cit. 2013-05-23]. Dostupné z: <http://www.ebalta.cz/cz/katalog-produktu/ebaboard-umele-drevo/ebaboard-pw-920-neu>

7 SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Plechový díl typu „Heatshield“</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 2 a) plastový držák b) kovová matice</i>	<i>15</i>
<i>Obrázek 3 Uložení držáku a matice</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 4 Hotový díl</i>	<i>16</i>
<i>Obrázek 5 Zakládací jednotka</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 6 Zakládací segment</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 7 Zakládací čep</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 8 Základna zakládacího segmentu</i>	<i>24</i>
<i>Obrázek 9 Spodní rám</i>	<i>25</i>
<i>Obrázek 10 Tvarový zakládací díl</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 11 Výška pracovní roviny [3]</i>	<i>26</i>
<i>Obrázek 12 Podložka</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 13 Vrchní rám</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 14 Příčka</i>	<i>27</i>
<i>Obrázek 15 Pásovina pod válce</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 16 Hlavice</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 17 Pásovina pro přitlačovací válce</i>	<i>28</i>
<i>Obrázek 18 Přitlačovací profil</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 19 Podložka pod válce</i>	<i>29</i>
<i>Obrázek 20 Válec DSBC-40-320-PPSA-N3 [4]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 21 Válec DSNU-25-320-PPS-A [5]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 22 Čidlo WTB4S-3P2131 [7]</i>	<i>31</i>
<i>Obrázek 23 Čidlo IME08-02BPSZT0S [9]</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 24 Závěs C40E-0403AN310 [11]</i>	<i>32</i>
<i>Obrázek 25 Vizualizační panel</i>	<i>33</i>
<i>Obrázek 26 Úpravna vzduchu LFR-3/8-D-MIDI-KF</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 27 Ventil CPE14-M1BH-5/3G-QS-8</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 28 Pneumatické schéma</i>	<i>34</i>
<i>Obrázek 29 Rozměry stroje</i>	<i>35</i>
<i>Obrázek 30 Způsob uložení prutu [16]</i>	<i>36</i>

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 44
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

<i>Obrázek 31 Software pro výpočet spotřeby vzduchu [19].....</i>	<i>38</i>
<i>Obrázek 32 Zatížení a uchycení konstrukce</i>	<i>39</i>
<i>Obrázek 33 Hotový stroj.....</i>	<i>40</i>

8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

d_{p1}	[mm]	Průměr pístnice válce DSBC
d_{p2}	[mm]	Průměr pístnice válce DSNU
d_s	[mm]	Průměr d_v vynásobený koeficientem bezpečnosti
d_v	[mm]	Vypočítaný průměr válce potřebný pro dosažení síly F
F	[N]	Celková síla potřebná k zatlačení
F_{kr1}	[N]	Kritická síla pístnice válce DSBC
F_{kr2}	[N]	Kritická síla pístnice válce DSNU
F_p	[N]	Síla pružiny
F_t	[N]	Vypočítaná síla potřebná k zatlačení
g	$\left[\frac{m}{s^2}\right]$	Gravitační zrychlení
i_1	[mm]	Poloměr setrvačnosti průřezu pístnice válce DSBC
i_2	[mm]	Poloměr setrvačnosti průřezu pístnice válce DSNU
I_{min1}	$[mm^4]$	Minimální moment setrvačnosti pístnice válce DSBC
I_{min2}	$[mm^4]$	Minimální moment setrvačnosti pístnice válce DSNU
k	[-]	Koeficient bezpečnosti
l_{01}	[mm]	Redukovaná délka pístnice válce DSBC
l_{02}	[mm]	Redukovaná délka pístnice válce DSNU
l_1	[mm]	Délka pístnice válce DSBC
l_2	[mm]	Délka pístnice válce DSNU
m_{max}	[kg]	Maximální hmotnost zjištěná při experimentu na váze
S_1	$[mm^2]$	Plocha potřebná na dosažení síly F při tlaku 0,6 MPa
S_2	$[mm^2]$	Plocha průřezu pístnice válce DSBC
S_3	$[mm^2]$	Plocha průřezu pístnice válce DSNU
λ_1	[-]	Štíhlost pístnice válce DSBC
λ_2	[-]	Štíhlost pístnice válce DSNU



9 SEZNAM PŘÍLOH

9.1 Tištěné přílohy

Příloha 1 Materiálový list oceli 19 313 [20]

Příloha 2 Materiálový list oceli 11 375 [21]

Příloha 3 Materiálový list umělého dřeva Ebaboard PW 920 neu [22]

Příloha 4 Průběh napětí

Příloha 5 Výsledné posunutí

Příloha 6 Výkres sestavy Montážní stroj MZ587-00

Příloha 7 Výkres sestavy Hlavní rám MZ587-01

Příloha 8 Výkres sestavy Zakládací jednotka MZ587-03

9.2 Elektronické přílohy na CD

Model stroje ve formátu .sldasm

Model stroje ve formátu .step


Výkres sestavy Montážní stroj MZ587-00 ve formátu .pdf

Výkres sestavy Hlavní rám MZ587-01 ve formátu .pdf

Výkres sestavy Zakládací jednotka MZ587-03 ve formátu .pdf

Příloha 1 Materiálový list oceli 19 313 [20]:

Doporučení pro zpracování	Tváření za tepla Teplota °C	Žhánění na měkko		Kalení			Popouštění					
		Teplota °C	Tvrdość HB max.	Teplota °C	Prostředí	Tvrdość HRC ca	Tvrdość HRC po popouštění °C					
							100	200	300	400	500	550
	1050-850 1)	680-710	230	740-800	2)	63	62	60	55	50	44	-
1) ochlazování v suchém prostředí s tepelnou izolací nebo na klidném vzduchu; 2) olej, popouštěcí teplotu volit podle požadované tvrdosti.												
Vlastnosti	Prokalitelnost při kalení do oleje	Prokalitelnost při kalení na vzduch	Rozměrové změny po kalení	Odolnost proti opotřebení 1)	Odolnost proti tlakovému namáhání 1)	Houževnatost 1)		Obrobitelnost 2)				
	40 mm	-	velmi malé	dobrá	zvětšená	zvětšená		dobrá				
	1) ve stavu kaleném a popuštěném. 2) ve stavu měkce žháném											
	Fyzikální vlastnosti											
	Modul pružnosti při 20°C 10 ³ .N.mm ⁻²	Hustota kg.dm ⁻³	Měrná tepelná vodivost při 20°C W.m ⁻¹ .K ⁻¹	Střední měrné teplo při 20°C J.kg ⁻¹ .K ⁻¹		Měrný elektrický odpor při 20°C Ω.mm ² .m ⁻¹						
	210	7,85	30,0	460		0,35						
	Střední teplotní součinitel délkové roztažnosti v rozmezí teplot od 20°C do ...°C (10 ⁻⁶ .m.m ⁻¹ .K ⁻¹)											
	100	200	300	400		500						
11,5	12,0	12,3	12,5		12,8							

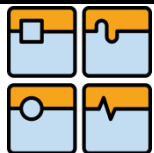
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	BAKALÁŘSKÁ PRÁCE	

Příloha 2 Materiálový list oceli 11 375 [21]:

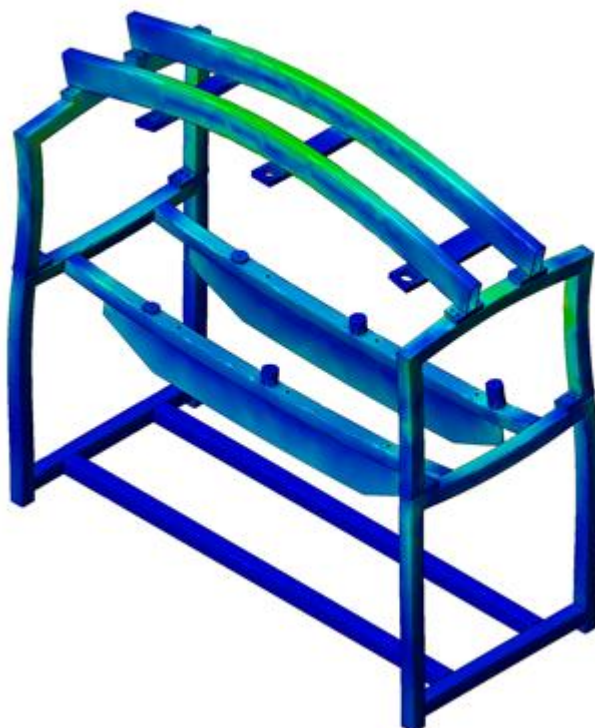
Přehled vlastností oceli S235JR						1.0038			
Druh oceli	Nelegovaná jakostní konstrukční ocel								
TDP	CSN EN 10025-2: 2005								
Dřívější označení	S235JRG2 podle EN 10025: 1990 + A1: 1993; RSt 37-2 podle DIN 17100; 11 375 podle CSN								
Chemické složení v % hmot. (rozbor tavby)	C max. pro tloušťku v mm			Mn max.	Si max.	P max.	S max.	N max.	
	≤16	>16≤40	>40 ¹⁾						
	0,17	0,17	0,20	1,40	-	0,035	0,035	0,012	
Složení hotového výrobku	0,19	0,19	0,23	1,50	-	0,045	0,045	0,014	
Mechanické vlastnosti pro zkoušky v podélném směru	Minimální mez kluzu R _{eH} MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≤16	>16≤40	>40≤63	>63≤80	>80≤100	>100≤150	>150≤200	>200≤250	
	235	225	215	215	215	195	185	175	
	Pevnost v tahu R _m MPa pro výrobky jmenovité tloušťky v mm :								
	≥ 3≤ 100			>100≤150		>150≤ 250			
	360-510			350-500		340-490			
	Minimální tažnost v % (L ₀ = 5.65√S ₀) pro výrobky jmenovité tloušťky v mm ⁵⁾ :								
	> 3 ≤ 40		> 40 ≤ 63		> 63 ≤ 100		> 100 ≤ 150		> 150 ≤ 250
	26		25		24		22		21
	Minimální nárazová práce KV (J) při 20° C pro výrobky jmenovité tloušťky v mm : ^{2), 3)}								
≤150				>150≤250					
27 ⁴⁾				27 ⁴⁾					
Maximální hodnota CEV ³⁾	Pro výrobky jmenovité tloušťky v mm:								
	≤ 30		> 30 ≤ 40		> 40 ≤ 150		> 150 ≤ 250		
	0,35		0,35		0,38		0,40		

Příloha 3 Materiálový list umělého dřeva Ebaboard PW 920 neu [22]:

Vlastnosti	Typ zkoušky	Hodnota / Jednotka
Pevnost v ohybu	EN ISO 178	110 ± 5 N/mm ²
E-modul (zkouška ohybem)	EN ISO 178	3100 ± 200 N/mm ²
Pevnost v tlaku	EN ISO 604	95 ± 5 N/mm ²
Rázová houževnatost (Charpy)	EN ISO 179	50 ± 10 kJ/m ²
Tepelná odolnost ASTM	DIN 53458	80 ± 3 °C
Tvrdost Shore	DIN 53505	85 ± 3 D při 20°C
Koeficient délkové roztažnosti	DIN 53752	Cca 91 10 ⁻⁶ K ⁻¹
Otěr Taber Abraser H18 Podklad 500g/500ot.	INTERNÍ	Cca 72 mg
Ohyb při ohnutí	EN ISO 178	6,4 ± 0,2 %



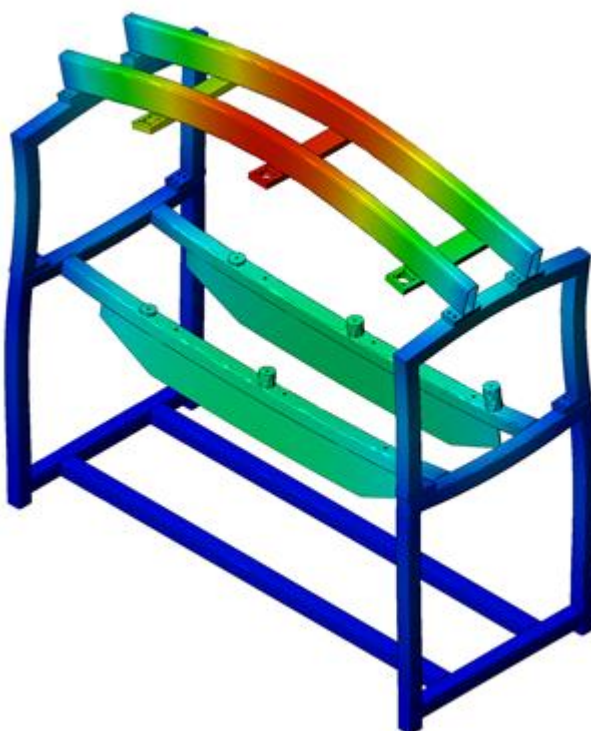
Příloha 4 Průběh napětí:



Max: 26,39 MPa

Min: 0 MPa

Příloha 5 Výsledné posunutí:



Max: 0,39 mm

Min: 0 mm